



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 196 39 514 C 1

51 Int. Cl.⁸:
B 22 D 13/00
B 22 D 15/00
B 22 D 27/04

21 Aktenzeichen: 196 39 514.3-24
22 Anmeldetag: 26. 9. 96
23 Offenlegungstag: —
24 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 12. 97

DE 196 39 514 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:

ALD Vacuum Technologies GmbH, 63526 Erlensee,
DE; W.C. Heraeus GmbH, 63450 Hanau, DE

74 Vertreter:

Zapfe, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 63150 Heusenstamm

72 Erfinder:

Choudhury, Alok, Dr., 66348 Püttlingen, DE; Scholz,
Harald, 60599 Frankfurt, DE; Blum, Matthias, Dr.,
63654 Büdingen, DE; Jarczyk, Georg, 63538
Großkrotzenburg, DE; Gorywoda, Marek, Dr., 63452
Hanau, DE; Lupton, David Francis, Dr., 63571
Gelnhausen, DE

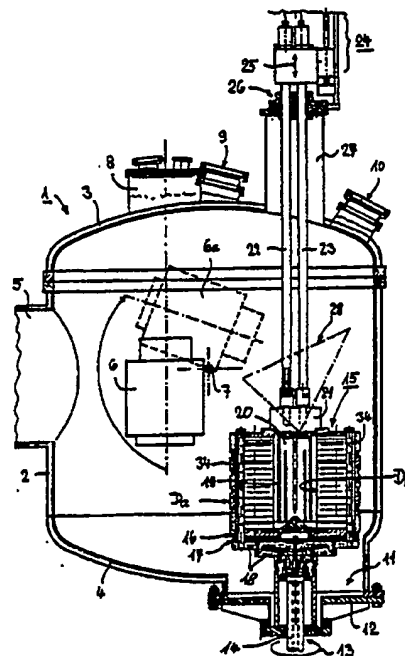
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 1 95 05 689 A1
DE 44 20 138 A1
EP 04 43 544 A1

DE-B.: KURZ, W., u. SAHM, P.R.: »Gerichtet er-
startete eutektische Werkstoffe«, 1975, Springer-
Verlag Berlin, Heidelberg, New York, S.195-198;

54 Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von gesteuert erstarrten Präzisionsgußteilen durch
Schleudergießen

57 Beim Herstellen von gesteuert erstarrten Präzisionsgußteilen durch Schleudergießen wird eine Schmelze unter Vakuum oder Schutzgas in eine vorgeheizte Kokille (15) mit einem zentralen Eingußkanal (19) und mehreren von diesem zum Außenumfang (D₁) der Kokille (15) gerichteten Formhohlräumen eingegossen. Zur Vermeidung von Lunkern und porösen Stellen in den Gußteilen, zur Energieeinsparung und zur Erhöhung der Produktionsgeschwindigkeit wird die Kokille (15) mit von innen nach außen fallenden Temperaturen betrieben und besteht aus einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination mit einem Wärmeleitungskoeffizienten, der kleiner als der von Kupfer ist. Vor dem Abguß der Schmelze wird die Kokille (15) vom Eingußkanal (19) her durch eine in diesen hineinragende Heizvorrichtung (20) mit einer solchen Geschwindigkeit auf eine werkstoffbedingte Gießtemperatur des Eingußkanals (19) aufgeheizt, daß der Temperaturgradient zwischen Innenumfang (D₁) und Außenumfang (D₂) mindestens 100°C, vorzugsweise zwischen 200°C und 600°C, insbesondere zwischen 300°C und 500°C, beträgt. Die Erfindung dient vorzugsweise zum Herstellen von Präzisionsgußteilen aus Metallen aus der Gruppe Titan, Titanlegierungen mit mindestens 40 Gewichtsprozent Titan und Superlegierungen.



DE 196 39 514 C 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von gesteuert erstarrten Präzisionsgußteilen durch Schleudergießen einer Schmelze unter Vakuum oder Schutzgas in eine vorgeheizte Kokille mit einem zentralen Eingußkanal und mehreren von diesem zum Außenumfang der Kokille gerichteten Formhohlräumen, die von einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination mit einem Wärmeleitungskoeffizienten umgeben sind, der kleiner als der von Kupfer ist.

Es besteht ein steigender Bedarf an Bauteilen aus Titan oder aus Legierungen mit einem beträchtlichen Titananteil, da diese Werkstoffe ein geringes spezifisches Gewicht und dennoch eine hohe Festigkeit aufweisen, vorausgesetzt, man beachtet in ausreichendem Umfange die spezifischen Eigenschaften des Titans, zu denen sein hoher Schmelzpunkt und seine Reaktionsfreudigkeit bei hohen Temperaturen gehören. Bei Schmelztemperatur reagiert Titan nicht nur mit reaktionsfähigen Gasen, darunter insbesondere Sauerstoff, sondern auch mit Oxiden und nahezu allen Keramiken, da diese üblicherweise zumindest überwiegend aus oxidischen Verbindungen bestehen. Durch die größere Affinität des Titans zu Sauerstoff wird den Oxiden Sauerstoff entzogen und führt zur Bildung von Titanoxiden. Einige Werkstoffe, die sich für bestimmte Einsatzgebiete hervorragend bewährt haben, werden nachstehend beispielhaft aufgeführt:

Reintitan
Ti 6 Al 4 V
Ti 6 Al 2 Sn 4 Zr 2 Mo
Ti 5 Al 2,5 Sn
Ti 15 V 3 Al 3 Cr 3 Sn
Ti Al 5 Fe 2,5
50 Ti 46 Al 2 Cr 2 Nb
Titanaluminide.

Besonders zu erwähnen ist der Einsatz von Titanaluminiden, z. B. TiAl als Werkstoff für zahlreiche Bauteile. Aufgrund ihrer geringen Dichte, relativ hohen Wärme- festigkeit und Korrosionsbeständigkeit gelten die Titanaluminide als optimaler Werkstoff für verschiedene Anwendungsgebiete. Da diese Werkstoffe sehr schwer verformbar sind, kommt nur eine Formgebung durch Gießen in Frage. Insbesondere beim Gießen aber werfen titanhaltige Metalle weitere Probleme auf, auf die nachfolgend noch näher eingegangen werden wird.

Einige Beispiele für den Einsatz titanhaltiger Werkstoffe werden wie folgt angegeben:

Ventile für Verbrennungskraftmaschinen
Turbinenräder und Turbinenschaufeln
Verdichterräder
Biomedizinische Prothesen (Implantate)
Kompressorgehäuse im Flugzeugbau.

Insbesondere im Motor-Rennsport haben sich sowohl Einlaß- als auch Auslaßventile aus bestimmten Titanlegierungen hervorragend bewährt, so daß an einem Mas- seneinsatz für Verbrennungskraftmaschinen aller Art gedacht wird.

Die EP-0 443 544 B1 befaßt sich mit dem Problem, die Formgenauigkeit bzw. Formtreue von Schleuderguß- kokillen aus Kupfer und die Entformbarkeit der Werkstü- ke aus Titan-Legierungen dadurch zu verbessern, daß man dem Kupfer als Legierungselemente Zirkonium, Chrom, Beryllium, Kobalt und Silber zusetzt, wobei die Summe aller Legierungselemente jedoch nicht über 3

Gewichtsprozent hinausgeht. Ein Vergleichsbeispiel, bei dem das Kupfer mit 18 Gewichtsprozent Nickel legiert wurde, hat nicht zum Erfolg geführt. Die betreffende Druckschrift befaßt sich zwar mit der elektrischen Leit- fähigkeit des Werkstoffs, nicht aber mit dessen thermi- scher Leitfähigkeit, so daß die Probleme der hohen Ab- schreckgeschwindigkeit, der Lunker- und der Porenbil- dung nicht behandelt werden. Andererseits geht aber auch diese Literaturstelle auf die Nachteile keramischer bzw. oxidischer Formwerkstoffe ein.

Durch die DE 44 20 138 A1 ist ein Verfahren der ein- gangs beschriebenen Gattung bekannt. Durch die glei- che Druckschrift und die DE 195 05 689 A1 sind auch Kokillen zur Durchführung solcher Verfahren bekannt, bei denen mindestens die mit der Schmelze in Berüh- rung kommende Oberfläche der Formhohlräume aus einem Werkstoff aus der Gruppe Tantal, Niob, Zirkoni- um und/oder einer Legierung mit mindestens einem die- ser Metalle besteht, also aus Werkstoffen, die eine deut- lich niedrigere Wärmeleitfähigkeit als Kupfer aufweisen und auch eine deutlich niedrigere spezifische Wärmeka- pazität als Kupfer. Soweit Grundwerkstoffe für derarti- ge Oberflächen der Formhohlräume angesprochen sind, bestehen diese Grundkörper bei dem Gegenstand der DE 44 20 138 aus unterschiedlichen Metallen, wobei aber die Bedingung erfüllt bleibt, daß die Wärmeleitfä- higkeit und die Wärmekapazität der vollständigen Ko- kille kleiner sind als die entsprechenden Werte von Kupfer. Die DE 195 05 689 A1 empfiehlt für den Grund- werkstoff der Kokillen Werkstoffe aus der Gruppe Ti- tan, Titanlegierungen, Titanaluminid, Graphit und Silizi- umnitrid. Diese Grundwerkstoffe haben den Vorteil ei- nes deutlich geringeren spezifischen Gewichts und ei- genen sich daher insbesondere für Schleudergußkokillen.

Mit den Verfahren und Vorrichtungen nach der DE 44 20 138 A1 und der DE 195 05 689 A1 ist es bereits gelungen, Präzisionsgußteile aus abschreckempfindli- chen Werkstoffen in großtechnischem Maßstab herzu- stellen. Bei diesen Verfahren geht es darum, die früher zur Vermeidung von Reaktionen mit den Formwerk- stoffen angestrebte hohe Abschreckgeschwindigkeit deutlich zu verringern, um die Ausbildung von Lunkern, Hohlräumen, Poren oder dergleichen in den Gußteilen deutlich zu verringern und insbesondere aufwendige Nacharbeiten durch Hochdruckverdichtung (HIP-Ver- fahren) und/oder Schweißen zu vermeiden. Um die Ab- schreckgeschwindigkeit weiter zu verringern, wird in den beiden zuletzt genannten Druckschriften empfoh- len, die Kokille vorzuwärmen, beispielsweise auf eine Mindesttemperatur von 800°C. Zu diesem Zweck ist eine Beheizung der Kokille vom Außenumfang her vor- gesehen, d. h. eine in der DE 44 20 138 A1 beschriebene Kokille ist von einem Heizzylinder umgeben. Da die erforderliche Temperatur aber auch an der Wandung des Eingußkanals erreicht werden muß, ist es erforder- lich, das gesamte Volumen der Kokille auf die betreffen- de Temperatur aufzuheizen, und zum Zwecke einer nachträglichen Abkühlung der Kokille, ist es erforder- lich, deren Außenumfang mittels eines gut wärmeleiten- den Gases wieder abzukühlen. Die bekannten Lösungen sind also energetisch aufwendig und zeitraubend, und die Wanderung der Erstarrungsfront innerhalb der Gußteile bleibt in gewisser Weise dem Zufall überlassen und/oder ist in erheblichem Maße von der Volumens- verteilung der Gußteile abhängig. Wünschenswert ist dabei eine gesteuerte Erstarrung in Richtung des Ein- gußkanals, damit die dort noch vorhandene Schmelze etwa in Bildung begriffene Hohlräume im Gußteil aus-

füllen kann.

Der Ausdruck "gesteuerte Erstarrung" ist dabei umfassender als der Ausdruck "gerichtete Erstarrung", denn es geht weniger um die Ausbildung einer bestimmten Vorzugsrichtung der einzelnen Kristalle, als vielmehr um die Wanderungsrichtung der Erstarrungsgrenze fest/flüssig.

Durch das Buch von Kurz/Sahm "Gerichtet erstarrte eutektische Werkstoffe", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1975, Seiten 195 bis 198 ist es bekannt, zwischen einer Heizvorrichtung und einer einzelnen, koaxial darin angeordneten Gießform eine Relativbewegung auszuführen. Eine Aufheizgeschwindigkeit ist nicht angegeben, und die Bewegungsgeschwindigkeit der Gießform entspricht der Wanderungsgeschwindigkeit der Erstarrungsfront der Schmelze.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Gattung anzugeben, das einen geringeren Energiebedarf mit sich bringt, kürzere Zykluszeiten erlaubt und die Erstarrung von außen nach innen, d. h. in Richtung auf den Eingußkanal, begünstigt.

Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs angegebenen Verfahren erfindungsgemäß dadurch, daß die Kokille vor dem Abguß der Schmelze vom Eingußkanal her mit einer solchen Geschwindigkeit auf eine werkstoffbedingte Gießtemperatur des Eingußkanals aufgeheizt wird, daß ein Temperaturgradient zwischen Innenumfang und Außenumfang der Kokille mit von innen nach außen fallenden Temperaturen von mindestens 100°C eingestellt wird.

Der Erfindungsgedanke beruht auf einer synergistischen Wirkung von Kokillenwerkstoff und Beheizungsrichtung. Die Verwendung einer an sich bekannten Kokille aus einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination mit einem Wärmeleitungskoeffizienten, der kleiner ist als der von Kupfer, ermöglicht bei einseitiger Beheizung die Ausbildung eines steileren Temperaturgradienten, wobei dessen Steilheit naturgemäß auch von der aufgetragenen Heizleistung, der aufzuheizenden Masse und den Wärmeverlusten in Richtung der nicht beheizten Oberflächen abhängig ist.

Die Beheizung vom Eingußkanal her, die in Abkehr vom Stande der Technik steht, führt dazu, daß die höchste Kokillentemperatur im Bereich der Wandung des Eingußkanals entsteht, so daß der Temperaturgradient von innen nach außen fallend ausgebildet ist. Dies hat den ganz erheblichen Vorteil, daß die überhitzte Schmelze beim Schleudergießen am Ende ihres Weges auf relativ kältere Wandungsteile des Formhohlraums auftrifft als unmittelbar vor Beendigung des Abgusses der Schmelze. Die Erstarrungsfront wandert also — gesteuert — vom äußeren Ende der Formhohlräume bzw. vom Außenumfang der Kokille in Richtung auf den Eingußkanal, so daß von dort noch vorhandene Schmelze nachströmen kann, so daß die Ausbildung von Lunkern, Hohlräumen, Poren etc. verhindert wird.

Die optimale Aufheiztemperatur der Wandung des Eingußkanals ist werkstoffabhängig bzw. werkstoffbedingt, kann aber durch Versuche bestimmt werden. Wichtig ist vor allem, daß diese Temperatur in Richtung auf den Außenumfang der Kokille einen fallenden Gradienten aufweist, so daß der vorstehend beschriebene Effekt eintritt.

Es ist dabei besonders vorteilhaft, wenn der Temperaturgradient zwischen 200°C und 600°C, vorzugsweise zwischen 300°C und 500°C, eingestellt wird.

Bei der Verwendung des Verfahrens zum Herstellen

von Präzisionsgußteilen aus Metallen aus der Gruppe Titan, Titanlegierungen mit mindestens 40 Gewichtsprozent Titan und Superlegierungen ist es besonders vorteilhaft, wenn die Temperatur der Wandung des Gießkanals auf Werte zwischen 600°C und 1000°C und die Temperatur des Außenumfangs der Kokille auf Werte zwischen 300°C und 600°C eingestellt wird.

Es ist dabei weiterhin von Vorteil, wenn beim Herstellen von Präzisionsgußteilen mit unterschiedlichen Querschnitten die Enden mit den größeren Querschnitten dem Eingußkanal zugekehrt sind.

Hinsichtlich der Ausnutzung des Volumens von Schleudergußkokillen ist eine derartige räumliche Anordnung der Formhohlräume zwar von Nachteil, jedoch begünstigt die einwärts gerichtete Lage der Enden mit den größeren Querschnitten wiederum den Verlauf des Erstarrungsvorganges, denn in den entsprechend größeren Volumina steht flüssige Schmelze eine längere Zeit zur Verfügung als in entsprechend schlankeren Bereichen der Gußteile.

Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Durchführung des vorstehend angegebenen Verfahrens mit einer Schmelz- und Gießvorrichtung, mit einer Kammer, in der eine rotierbare Kokille mit einem zentralen Eingußkanal und mehreren von diesem zum Außenumfang der Kokille gerichteten Formhohlräumen und eine Heizvorrichtung zum Vorheizen der Kokille angeordnet sind, wobei die Kokille aus einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination mit einem Wärmeleitungskoeffizienten besteht, der kleiner als der von Kupfer ist.

Zur Lösung der gleichen Aufgabe ist eine solche Vorrichtung erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Bewegungseinrichtung für die Erzeugung einer Relativbewegung zwischen Heizvorrichtung und Eingußkanal aufweist.

Die Heizvorrichtung kann dabei vorteilhafter Weise als Widerstandsheizkörper ausgebildet sein, beispielsweise als Hohlzylinder aus Graphit, der durch entsprechende Schlitze die Form eines Mäanders hat und durch direkten Stromdurchgang beheizbar ist. Ein solcher Widerstandsheizkörper kann entsprechend schlank ausgebildet werden, so daß er in den Eingußkanal einführbar ist. Es ist aber auch möglich, die Heizvorrichtung als Induktionsspule auszubilden.

Als Kokillen können dabei solche eingesetzt werden, wie sie in der DE 44 20 138 A1 und in der DE 195 05 689 A1 beschrieben sind. Es ist aber im Zuge einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung besonders vorteilhaft, wenn die Kokille aus Stapeln von in mehreren Ebenen angeordneten Formen besteht, die Schulterflächen aufweisen, mit denen sich die Formen an sektorförmigen Widerlagern abstützen, wenn die Formen und die Widerlager in jeweils einer Ebene zwischen Distanzringen angeordnet sind und wenn die Stapel von Formen, Widerlagern und Distanzringen mittels Zugankern gegen eine Tragplatte verspannt sind, die mit dem Drehantrieb drehfest verbunden ist.

Eine derartige Kokille ist dadurch in Modulbauweise ausgeführt, d. h. die Formen sind durch solche mit anderen Formhohlräumen ersetzbar, ohne daß hierfür komplette Scheiben mit eingearbeiteten Formhohlräumen vorrätig gehalten werden müßten, wie dies beim Stande der Technik der Fall ist.

Es ist dabei weiterhin von Vorteil, wenn die Stapel von Formen, Widerlagern und Distanzringen von einem Spannkörper umgeben sind, insbesondere dann, wenn der Spannkörper aus einzelnen Spannringen zusam-

mengesetzt ist, die einander in axialer Richtung teilweise überlappen.

Hierbei wird auf einen besonderen weiteren Vorteil des Erfindungsgegenstandes sowohl hinsichtlich der Verfahrensführung als auch der Vorrichtung bzw. der Kokille hingewiesen.

Bei einer Schleudergußkokille treten die maximalen radialen und tangentialen Zugspannungen am Außenumfang der Kokille auf. Sie sind von deren Durchmesser und von der Drehzahl abhängig. Einerseits ist es wünschenswert, zur Erzeugung eines dichten Gußgefüges die Drehzahl möglichst hoch zu wählen, beispielsweise bei einer Kokille mit einem Außendurchmesser von etwa 500 mm im Bereich von etwa 800 Umdrehungen pro Minute. Berechnungen anhand der in Frage kommenden Kokillenwerkstoffe haben ergeben, daß Kokillen mit hohen Außentemperaturen nach dem Stande der Technik bei den genannten Abmessungen allenfalls mit maximal etwa 500 Umdrehungen pro Minute betrieben werden können. Die erfindungsgemäße Einstellung eines von innen nach außen fallenden Temperaturgradienten führt jedoch zu dem zusätzlichen Vorteil, daß wegen der bei diesen Temperaturen deutlich höheren Festigkeiten der Kokillenwerkstoffe mit erheblich höheren Drehzahlen gearbeitet werden kann, beispielsweise bei den angegebenen Abmessungen mit 800 Umdrehungen pro Minute und darüber, wodurch das Gefüge der Präzisionsgußteile deutlich verbessert werden kann. Gleichzeitig wird die Gefahr einer Verformung der Kokille auf dem Außenumfang deutlich verringert.

So können z. B. für die vorstehend beschriebenen Spannkörper oder Spannringe und für die Widerlager und Distanzringe Werkstoffe verwendet werden wie 800 H (Eisen-Basislegierung mit 21% Chrom und 32% Nickel) oder 80 A (Nickel-Basislegierung mit 19,5% Chrom, 2,5% Titan und 1,3% Aluminium). Es handelt sich hierbei um verhältnismäßig preiswerte Maschinenbauwerkstoffe. Die eigentlichen Formen oder Formhälften können dabei aus Niob, Tantal, Zirkonium und/oder deren Legierungen bestehen, auch aus deren Legierungen mit weiteren Metallen, oder aus Grundkörpern mit entsprechenden Oberflächenbeschichtungen oder schalenförmigen Einlagen aus diesen Werkstoffen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes wird nachfolgend anhand der Fig. 1 bis 6 näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Vertikalschnitt durch die wesentlichen Teile einer vollständigen Vorrichtung,

Fig. 2 einen Vertikalschnitt durch eine Kokille mit fünf Etagen zur gleichzeitigen Herstellung von insgesamt 60 Ventilen entlang der Linie II-II in Fig. 3,

Fig. 3 eine teilweise Draufsicht und einen teilweisen Horizontalschnitt durch den Gegenstand von Fig. 2 entlang der Linie III-III,

Fig. 4 ein Diagramm mit verschiedenen Temperaturverläufen zwischen dem Innendurchmesser und dem Außendurchmesser der Kokille nach Fig. 2,

Fig. 5 eine Axialschnitt durch ein Ventil für Verbrennungsmotoren, hergestellt nach einem Verfahren mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit des Formwerkstoffs, und

Fig. 6 einen Axialschnitt durch ein geometrisch identisches Ventil, hergestellt nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und mit einer erfindungsgemäßen Kokille.

In Fig. 1 ist eine gasdichte Kammer 1 mit einem zylindrischen Mantel 2, einem abnehmbaren Deckel 3 und einem Boden 4 dargestellt, die über einen Saugstutzen 5 an einen nicht gezeigten Vakuumpumpsatz angeschlossen ist. Die Kammer 1 kann durch eine gleichfalls nicht dargestellte Leitung mit einem Inertgas geflutet werden.

In der Kammer 1 ist eine Schmelz- und Gießvorrichtung 6 angeordnet, die als an sich bekannter induktiv beheizter Kaltwandtiegel ausgebildet ist, der in die gestrichelt dargestellte Position 6a zwecks Entleerung kippbar ist.

Hierfür ist eine Kippachse 7 vorgesehen, die gleichzeitig als Koaxialdurchführung für Schmelzstrom und Kühlwasser ausgebildet ist. Oberhalb der Schmelzposition befindet sich eine Beschickungsöffnung 8, die durch nicht gezeigte Chargierventile zu einer Chargiervorrichtung ausgebaut sein kann. Einblickfenster 9 und 10 ermöglichen Beobachtungen des Schmelz- und Gießvorgangs.

Die Schmelz- und Gießvorrichtung 6 kann auch in einer separaten, nicht gezeigten Kammer untergebracht sein, die der Kammer 1 vorgeschaltet ist und aus der die Schmelze in die Kammer 1 übergeleitet wird. Der Schmelz- und Gießvorrichtung 6 können in diesem Fall auch mehrere Kammern mit Heizvorrichtungen 20 und Kokillen 15 nachgeschaltet sein, die entweder in einer Reihe oder im Kreis oder Teilkreis um die Schmelz- und Gießvorrichtung 6 herum angeordnet sein können. In einem solchen Fall kann in einer Kammer das Aufheizen der Kokille durchgeführt werden, in einer weiteren Kammer der Abguß in die Kokille, und in wiederum einer weiteren Kammer der Abkühlvorgang der Kokille, so daß im Optimalfall die Schmelz- und Gießvorrichtung 6 in ständigem Einsatz gehalten werden kann.

Die Schmelz- und Gießvorrichtung 6 kann auch als quer verschiebbarer Kaltwandtiegel ausgeführt sein, der eine verschließbare Bodenauslaßöffnung für die Schmelze besitzt, die über die Kokille verfahren werden kann. Solche, allerdings nicht bewegliche, Anordnungen sind in der DE 44 20 138 A1 und der DE 195 05 689 beschrieben und gezeichnet.

Im Boden 4 der Kammer 1 befindet sich eine Öffnung 11 mit einer Verschußplatte 12, an der ein hier nur angedeuteter Drehantrieb 13 mit einer Welle 14 für eine Kokille 15 angeordnet ist, die als Schleudergußkokille ausgeführt ist und anhand der Fig. 2 und 3 noch näher beschrieben wird. Die Kokille 15 besitzt eine Tragplatte 16, die unter Zwischenschaltung einer Wärmedämmung 17 auf einem Drehteller 18 befestigt ist, der mit nicht näher bezeichneten Kühlkanälen für eine Wasserkühlung ausgestattet ist, wobei das Kühlwasser durch die Welle 14 zu- und abgeführt wird.

Die Kokille 15 besitzt einen Eingußkanal 19, in den eine Heizvorrichtung 20 eingeführt ist, die als mäanderrförmig geschlitzter Hohlzylinder aus Graphit ausgeführt ist. Die Heizvorrichtung 20 erstreckt sich über die gesamte Länge bzw. Tiefe des Eingußkanals 19 und hängt an einem Kupplungsstück 21, das wiederum über zwei Stangen 22 und 23, die auch als Zuführungen für Strom und Kühlwasser dienen, mit einem Bewegungsantrieb 24 verbunden sind, dessen Antriebsmotor nicht gezeigt ist. Dadurch ist die Heizvorrichtung 20 in Richtung des Doppelpfeils 25 heb- und senkbar. Die Stangen 22 und 23 sind gasdicht durch eine doppelte Gleitdichtung 26 hindurchgeführt, die am oberen Ende eines senkrechten Rohrstützens 27 angeordnet ist, in den die Heizvorrichtung 20 mindestens teilweise zurückziehbar ist. Über der Kokille 15 befindet sich — strichpunkt

angedeutet — eine Leiteinrichtung 28 für die Schmelze. An die Stelle der beiden Stangen 22 und 23 kann auch eine koaxiale Stange treten, die voneinander isolierte Strompfade aufweist.

Wie aus den Fig. 2 und 3 hervorgeht, besteht die Kokille 15 aus Stapeln von in mehreren Ebenen angeordneten Formen 29, die jeweils aus Formhälften 29a und 29b bestehen, die Schulterflächen 30 aufweisen, mit denen sich die Formen 29 an sektorförmigen Widerlagern 31 abstützen. Die Formen 29 und Widerlager 31 sind jeweils in einer Ebene zwischen Distanzringen 32 angeordnet, und die Stapel von Formen 29, Widerlagern 31 und Distanzringen 32 sind mittels Zugankern 33 gegen die bereits weiter oben beschriebene Tragplatte 16 gespannt, die mit dem Drehantrieb 13 verbunden ist. Wie aus den Fig. 1 und 3 hervorgeht, sind durch die besagten Stapel weitere Zuganker 34 hindurchgeführt, die mit dem Drehteller 18 verschraubt sind. Die Zuganker 33 und 34 sind in zwei Zylinderflächen unterschiedlichen Durchmessers angeordnet, was in Fig. 3 dargestellt ist.

Wie wiederum aus den Fig. 2 und 3 hervorgeht, sind die Stapel von Formen 29, Widerlagern 31 und Distanzringen 32 von einem Spannkörper 35 umgeben, der gemäß Fig. 2 aus einzelnen Spannringen 35a und 35b zusammengesetzt ist, die einander in axialer Richtung teilweise überlappen. Die oberen Spannringe 35a sind im Querschnitt Z-förmig ausgebildet.

Die Tragplatte 16 ist im Zentrum des Eingußkanals 19 mit einem zur Rotationsachse A-A konzentrischen Verteilerkörper 36 versehen, der die Form eines oben abgerundeten Kegels besitzt. Hierdurch wird die in den Eingußkanal 19 abgegossene Schmelze radial nach außen verdrängt und auf die Drehzahl der Kokille 15 gebracht, wodurch sich in dem Eingußkanal 19 eine parabol förmige Schmelzenoberfläche einstellt, so daß der Eingußkanal nicht vollständig mit Schmelze gefüllt ist.

Der Eingußkanal 19 ist von fluchtenden, polygonalen Rohrabschnitten 37 umgeben, die von den Distanzringen 32 zentrisch gehalten sind und zwischen den Distanzringen 32 Öffnungen 38 aufweisen, die mit je einem der Formhohlräume 39 kommunizieren.

Wie aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist, sind die Formhohlräume 39 zur Herstellung von Ventilen 40 für Verbrennungsmotoren ausgebildet, wobei diese Ventile in den Fig. 5 und 6 dargestellt sind. Die Ventile bestehen aus einem Ventilteller 40a und einem Schaft 40b. Die Präzisionsgußteile haben also unterschiedliche Querschnitte, und es ist erkennbar, daß die Enden mit den größeren Querschnitten, nämlich mit den Ventiltellern 40a, dem Eingußkanal 19 zugekehrt sind.

Aus den Fig. 2 und 3 ist noch ersichtlich, daß zwischen den Rohrabschnitten 37 und den Formen 29 aus Halbringen 41 und 42 zusammengesetzte Düsenkörper angeordnet sind, die jeweils eine Injektionsöffnung 43 umschließen. Die Halbringe 41 und 42 sind austauschbar, wodurch der Durchmesser der Injektionsöffnungen variiert und den Gießbedingungen angepaßt werden kann.

Die Kokille besitzt einen Innenumfang D_i und einen Außenumfang D_a , wobei das "D" für den Durchmesser steht und der Umfang sich daraus errechnen läßt.

Fig. 4 zeigt nun verschiedene Temperaturverläufe zwischen dem Innenumfang D_i und dem Außenumfang D_a . Die Wärmestrahlung des Heizkörpers 20 ist durch die horizontalen Pfeile 44 angedeutet. Die gestrichelte Linie 45 zeigt den Temperaturverlauf innerhalb der Kokille bzw. entlang den Formen 29, wenn diese aus einem gut wärmeleitenden Werkstoff bestehen, der einen Temperaturausgleich zwischen innen und außen ermög-

licht. Die strichpunktierte Linie 46 zeigt den Temperaturverlauf bei einer Beheizung von außen in Verbindung mit einem Werkstoff mit einem guten Wärmeleitungskoeffizienten, wie beispielsweise von Kupfer. Die aus Kreuzen bestehende Linie 47 zeigt die Verhältnisse bei umgekehrter Beheizungsrichtung, nämlich in Richtung der Pfeile 44 von innen nach außen. Es handelt sich hier immer noch um einen relativ gut wärmeleitenden Werkstoff wie beispielsweise Kupfer, so daß sich eine verhältnismäßig sehr hohe Außentemperatur einstellt.

Die Linie 48 verdeutlicht nun die Verhältnisse beim Erfindungsgegenstand, nämlich bei starker Beheizung in Richtung der Pfeile 44 von innen her, d. h. vom Eingußkanal 19 her. Durch die relativ rasche Aufheizung in Verbindung mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit als derjenigen von Kupfer sowie in Verbindung mit der von innen nach außen zunehmenden Masse der Kokille 15 bildet sich ein relativ sehr steiler Temperaturgradient aus, und zwar hat sich bei einer Kokille mit einem Außendurchmesser D_a von ca. 500 mm und einem Innendurchmesser D_i von etwa 150 mm und bei Verwendung von Formen 29 aus Niob ein Temperaturgradient entsprechend der Linie 48 eingestellt, der von einer Innentemperatur von 800°C auf eine Außentemperatur von 450°C abfällt. Fig. 4 verdeutlicht also die synergistische Wirkung der Aufheizung von innen und der Verwendung von Formwerkstoffen mit einem niedrigeren Wärmeleitungskoeffizienten. Der Wärmeleitungskoeffizient von Kupfer beträgt 408 W/mK, derjenige von Niob aber nur 53,7 W/mK und derjenige von Tantal 57,5 W/mK, jeweils bei Raumtemperatur.

Fig. 5 zeigt nun einen Axialschnitt durch ein Ventil, entlang dessen Achse sich deutlich sichtbare Hohlstellen 49 und Lunker 50 ausgebildet haben. Fig. 6 zeigt einen analogen Axialschnitt durch ein Ventil, das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellt wurde, das nachstehend näher beschrieben wird. Die äußeren Oberflächen von Schaft und Ventilteller waren glatt und blank, und entsprechende Schliffbilder zeigten eine sehr gleichmäßige Korngrößenverteilung sowie die Freiheit von jeglichen Hohlräumen, Poren, Lunkern oder dergleichen.

Beispiel

Zur Herstellung von Auslaßventilen gemäß Fig. 6, die für Verbrennungsmotoren vorgesehen sind, einen Tellerdurchmesser von 32 mm aufweisen, eine Gesamtlänge von 110 mm (Teller und Schaft) besitzen und einen Schaftdurchmesser von 6 mm, wurde eine Vorrichtung nach Fig. 1 mit einer Kokille 15 nach den Fig. 2 und 3 zunächst auf 10^{-2} mbar evakuiert und dann mit Argon bis auf einen Druck von etwa 400 mbar geflutet. In der Schmelz- und Gießvorrichtung 6, die als Kaltwandtiegel ausgebildet war, wurden 6 kg einer Titanlegierung (Titanaluminid) der Zusammensetzung 49% Ti, 47% Al, 2% Cr und 2% Nb (jeweils Atomprozent) aufgeschmolzen und auf eine Temperatur von 1650°C überhitzt. Mittels der Heizvorrichtung 20, die aus einem mäanderförmig geschlitzten Graphithohlzylinder bestand, eine Leistung von 50 kW erzeugte und sich im Eingußkanal 19 befand, wurde die Wandfläche des Eingußkanals 19 innerhalb von 60 Minuten auf eine Temperatur von 800°C aufgeheizt. Dabei nahmen die äußeren Enden der Formhälften 29a und 29b, die aus Niob bestanden, bzw. der Außenumfang D_a der Kokille 15, eine Temperatur von 450°C an. Die Schmelze wurde nunmehr innerhalb von etwa 2 Sekunden in die Kokille 15 abgegossen, die mit

einer Drehzahl von 800 min^{-1} rotierte. Nach wenigen Sekunden waren die Ventilrohlinge gesteuert erstarrt. Die Kammer 1 wurde anschließend mit Argon bis auf einen Druck von etwa 1 bar geflutet. Nach 60 Minuten wurden die Ventilrohlinge durch schrittweises Zerlegen der abgekühlten Kokille 15 von oben nach unten und Abtrennen der Abgußstellen am Material im Eingußkanal 19 freigelegt. Die Ventilrohlinge hatten eine glatte und einwandfreie Oberfläche. Längsschnitte und Schliffbilder zeigten, daß die Ventile frei von Lunkern und porösen Stellen waren und durch einfache Nachbearbeitungsvorgänge in ihren Endzustand gebracht werden konnte. Die Kokille 15 und die Kokillenteile befanden sich in einem einwandfreien Zustand und waren für eine Wiederverwertung geeignet.

Während vorstehend eine Schleudergießanlage mit einer senkrechten Rotationsachse A-A der Schleudergußkokille 15 beschrieben ist, kann die erfindungsgemäße Vorrichtung ohne Verlassen des Erfindungsgedankens auch dahingehend abgewandelt werden, daß die Schleudergußkokille 15 eine horizontale Rotationsachse aufweist, was jedoch zeichnerisch nicht besonders dargestellt ist.

Der effektive Wärmeleitfähigkeitskoeffizient der Kokillenwerkstoffe bzw. der Kokillenkomponenten in radialer Richtung beträgt vorzugsweise maximal 50%, insbesondere maximal 30%, des Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten von Reinkupfer.

Bezugszeichenliste

- 1 Kammer
- 2 Mantel
- 3 Deckel
- 4 Boden
- 5 Saugstutzen
- 6 Schmelz- und Gießvorrichtung
- 6a Schmelz- und Gießvorrichtung
- 7 Kippachse
- 8 Beschickungsöffnung
- 9 Einblickfenster
- 10 Einblickfenster
- 11 Öffnung
- 12 Verschußplatte
- 13 Drehantrieb
- 14 Welle
- 18 Drehteller
- 19 Eingußkanal
- 20 Heizvorrichtung
- 21 Kupplungsstück
- 22 Stange
- 23 Stange
- 24 Bewegungsantrieb
- 25 Doppelpfeil
- 26 Gleitdichtung
- 27 Rohrstutzen
- 28 Leiteinrichtung
- 29 Formen
- 29a, b Formhälften
- 30 Schulterflächen
- 31 Widerlager
- 32 Distanzringe
- 33 Zuganker
- 34 Zuganker
- 35 Spannkörper
- 35a, b Spannringe
- 36 Verteilerkörper
- 37 Rohrabschnitte

- 38 Öffnungen
- 39 Formhohlraum
- 40 Ventile
- 40a Teller
- 40b Schaft
- 41 Halbringe
- 42 Halbringe
- 43 Injektionsöffnung
- 44 Pfeile
- 45 Linie
- 46 Linie
- 47 Linie
- 48 Linie
- 49 Hohlstellen
- 50 Lunker

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von gesteuert erstarrten Präzisionsgußteilen durch Schleudergießen einer Schmelze unter Vakuum oder Schutzgas in eine vorgeheizte Kokille (15) mit einem zentralen Eingußkanal (19) und mehreren von diesem zum Außenumfang (D_a) der Kokille (15) gerichteten Formhohlräumen (39), die von einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination mit einem Wärmeleitungskoeffizienten umgeben sind, der kleiner als der von Kupfer ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Kokille (15) vor dem Abguß der Schmelze vom Eingußkanal (19) her mit einer solchen Geschwindigkeit auf eine werkstoffbedingte Gießtemperatur des Eingußkanals (19) aufgeheizt wird, daß ein Temperaturgradient zwischen Innenumfang (D_i) und Außenumfang (D_a) der Kokille (15) mit von innen nach außen fallenden Temperaturen von mindestens 100°C eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Temperaturgradient zwischen 200°C und 600°C , vorzugsweise zwischen 300°C und 500°C , eingestellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur der Wandung des Gießkanals (19) auf Werte zwischen 600°C und 1000°C und die Temperatur des Außenumfangs (D_a) der Kokille (15) auf Werte zwischen 300°C und 600°C eingestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beim Herstellen von Präzisionsgußteilen mit unterschiedlichen Querschnitten die Enden mit den größeren Querschnitten dem Eingußkanal (19) zugekehrt sind.
5. Verwendung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Herstellen von Präzisionsgußteilen aus Metallen aus der Gruppe Titan, Titanlegierungen mit mindestens 40 Gewichtsprozent Titan und aus Superlegierungen.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Schmelz- und Gießvorrichtung (6, 6a), mit einer Kammer (1), in der eine rotierbare Kokille (15) mit einem zentralen Eingußkanal (19) und mehreren von diesem zum Außenumfang (D_a) der Kokille (15) gerichteten Formhohlräumen (39) und eine Heizvorrichtung (20) zum Vorheizen der Kokille (15) angeordnet sind, wobei die Kokille (15) aus einem Werkstoff oder einer Werkstoffkombination mit einem Wärmeleitungskoeffizienten besteht, der kleiner als der von Kupfer ist, dadurch

gekennzeichnet, daß die Vorrichtung eine Bewegungseinrichtung für die Erzeugung einer Relativbewegung zwischen Heizvorrichtung (20) und Eingußkanal (19) aufweist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizvorrichtung (20) für eine solche Heizleistung ausgelegt ist, daß die Kokille (15) vom Eingußkanal (19) her mit einer solchen Geschwindigkeit auf eine werkstoffbedingte Gießtemperatur der Wandung des Eingußkanals (19) aufheizbar ist, daß ein von innen nach außen fallender Temperaturgradient mindestens 100°C beträgt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewegungseinrichtung mindestens eine Stange (22, 23) aufweist, die gasdicht durch eine Gleitdichtung (26) in einem Deckel (3) der Kammer (1) hindurchgeführt ist, die zur Zufuhr des Heizstromes dient und deren äußeres Ende mit einem Bewegungsantrieb (24) verbunden ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizvorrichtung (20) als Widerstandsheizkörper ausgebildet ist, der durch direkten Stromdurchgang beheizbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizvorrichtung als Induktionsspule ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kammer (1) eine Öffnung (11) aufweist, die durch eine Verschußplatte (12) mit einem Drehantrieb (13) und einer Welle (14) für die Kokille (15) versehen ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kokille (15) aus Stapeln von in mehreren Ebenen angeordneten Formen (29) besteht, die Schulterflächen (30) aufweisen, mit denen sich die Formen (29) an sektorförmigen Widerlagern (31) abstützen, daß die Formen (29) und die Widerlager (31) in jeweils einer Ebene zwischen Distanzringen (32) angeordnet sind und daß die Stapel von Formen (29), Widerlagern (31) und Distanzringen (32) mittels Zugankern (33, 34) gegen eine Tragplatte (16) verspannt sind, die mit dem Drehantrieb (13) drehfest verbunden ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Formen (29) aus Formhälften (29a, 29b) bestehen.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Stapel von Formen (29), Widerlagern (31) und Distanzringen (32) von einem Spannkörper (35) umgeben sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Spannkörper (35) aus einzelnen Spannringen (35a, 35b) zusammengesetzt ist, die einander in axialer Richtung teilweise überlappen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die oberen Spannringe (35a) im Querschnitt Z-förmig ausgebildet sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Tragplatte (6) im Zentrum des Eingußkanals (19) mit einem sich nach oben verjüngenden Verteilerkörper (36) für die Schmelze versehen ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingußkanal (19) von fluchtenden Rohrab schnitten (37) umgeben ist, die von den Distanzringen (32) zentrisch gehalten sind und die zwischen den Distanzringen (32) Öffnungen (38)

aufweisen, die mit je einem Formhohlraum (39) kommunizieren.

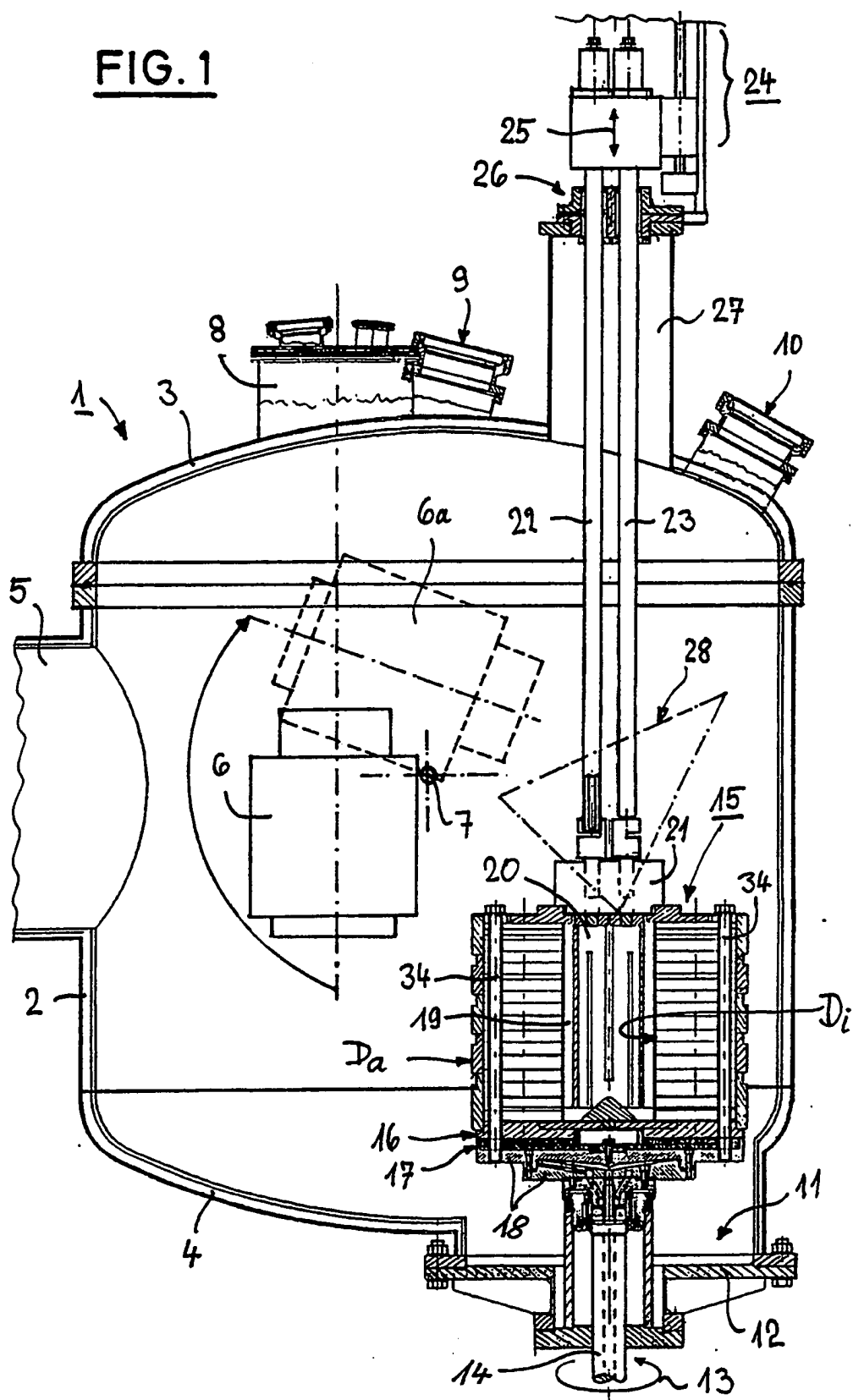
19. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Kokille (15) zum Herstellen von Präzisionsgußteilen mit unterschiedlichen Querschnitten die Enden mit den größeren Querschnitten dem Eingußkanals (19) zugekehrt sind.

20. Vorrichtung nach den Ansprüchen 18 und 19, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Rohrab schnitten (37) und den Formen (29) aus Halbringen (41, 42) zusammengesetzte Düsenkörper für den Schmelzeintritt in die Formhöhlräume (39) angeordnet sind.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG. 1



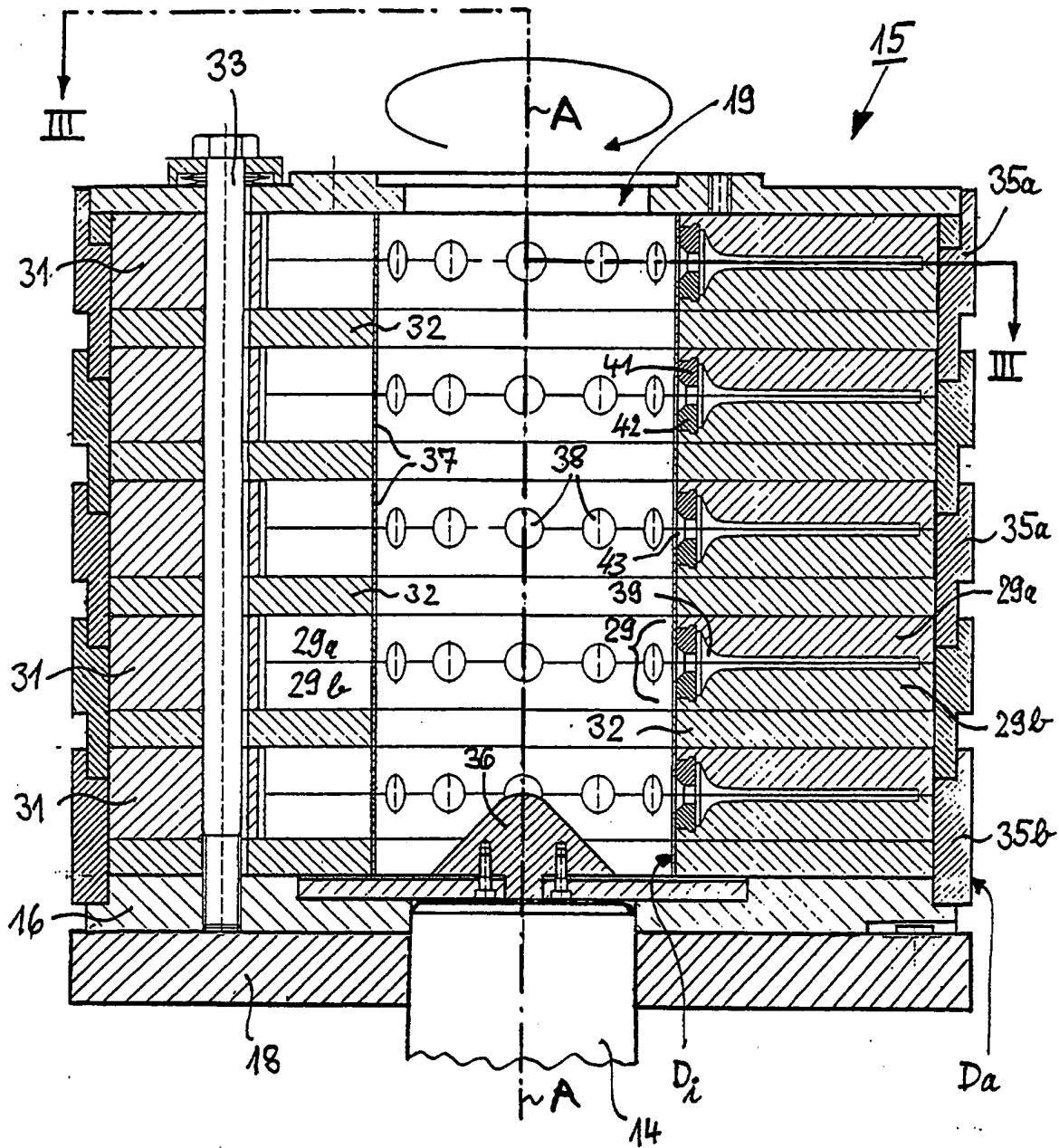


FIG. 2

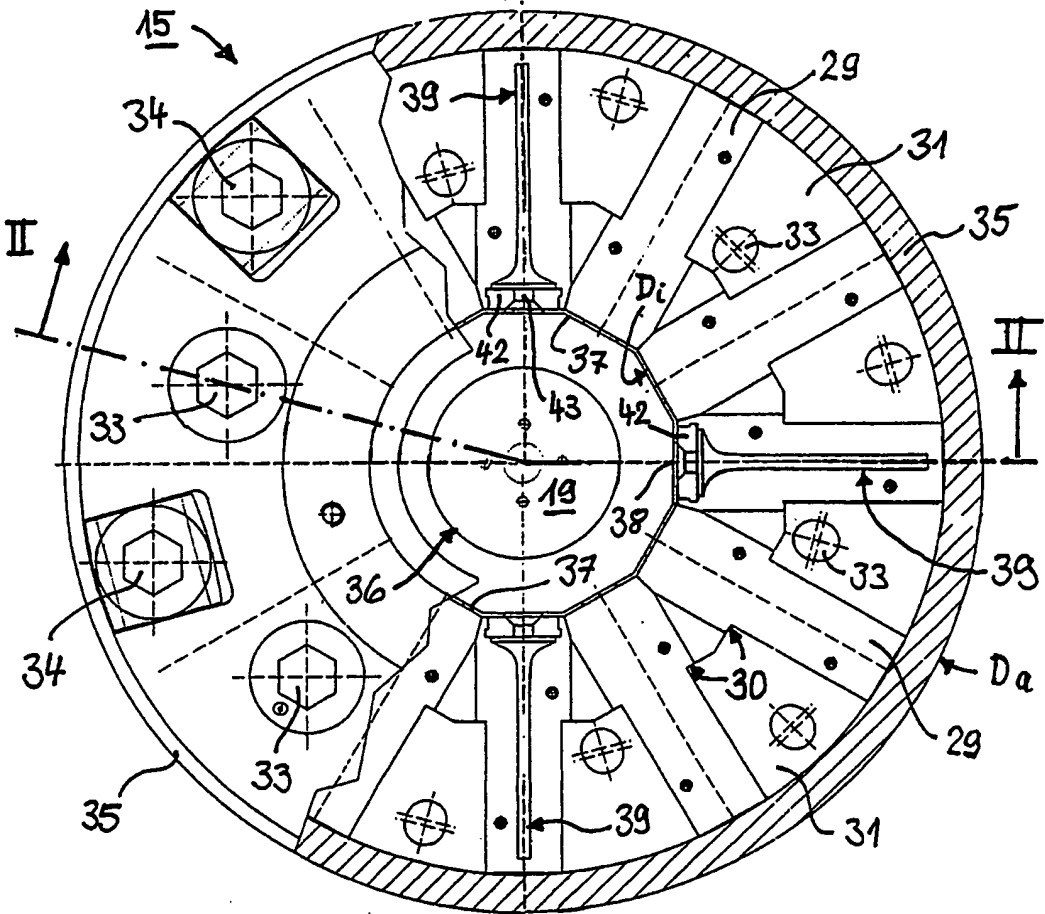


FIG. 3

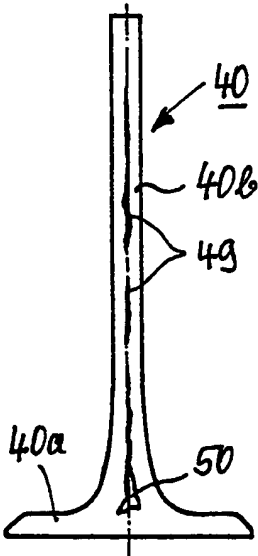


FIG. 5

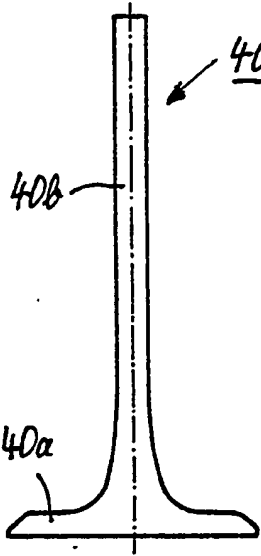
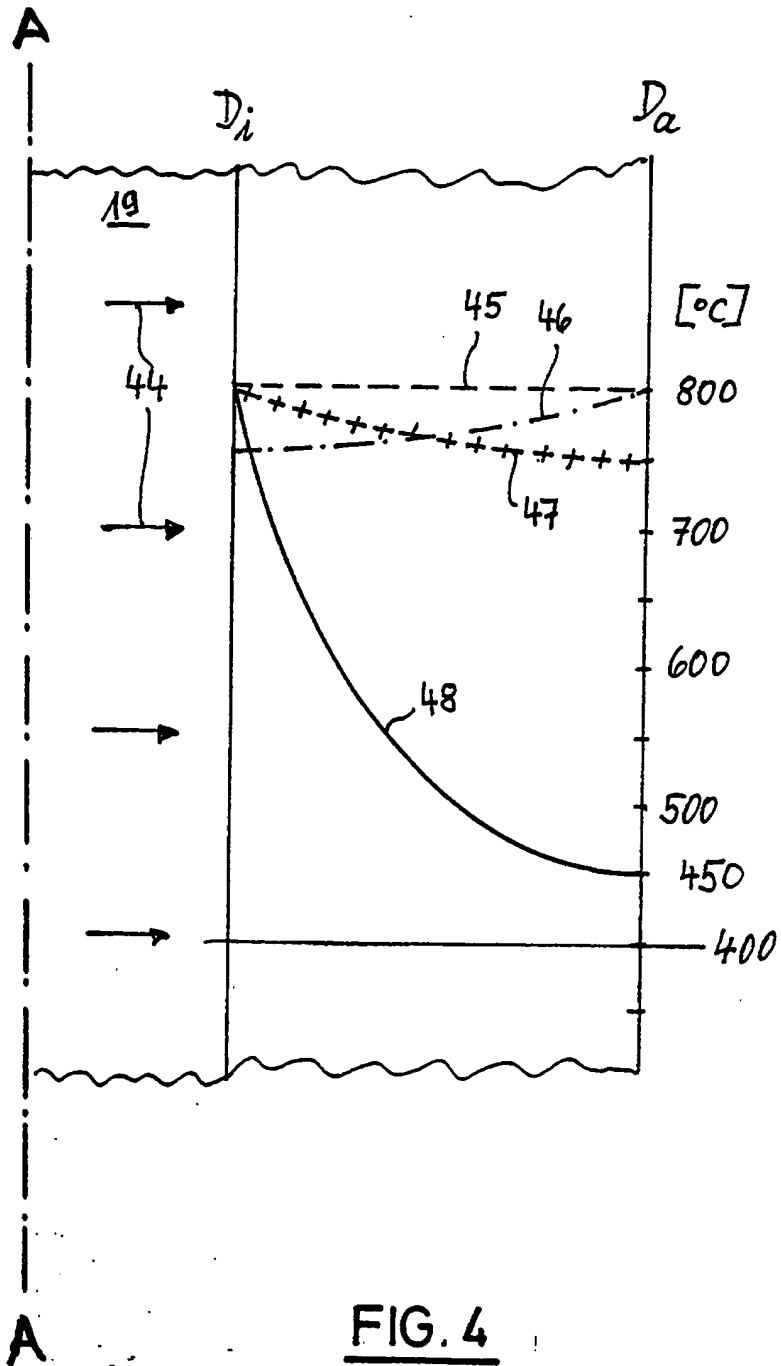


FIG. 6



Production of high-precision centrifugal castings with controlled solidification

Patent number: DE19639514

Publication date: 1997-12-18

Inventor: CHOUDHURY ALOK DR (DE); SCHOLZ HARALD (DE);
BLUM MATTHIAS DR (DE); JARCZYK GEORG (DE);
GORYWODA MAREK DR (DE); LUPTON DAVID
FRANCIS DR (DE)

Applicant: ALD VACUUM TECHN GMBH (DE); HERAEUS GMBH
WC (DE)

Classification:

- international: **B22D13/04; B22D27/00; B22D27/04; B22D27/15;
B22D13/00; B22D27/00; B22D27/04; (IPC1-7):
B22D13/00; B22D15/00; B22D27/04**

- european: **B22D13/04; B22D27/00A; B22D27/04A; B22D27/15**

Application number: DE19961039514 19960926

Priority number(s): DE19961039514 19960926

Also published as:



EP0835705 (A1)

US6250366 (B1)

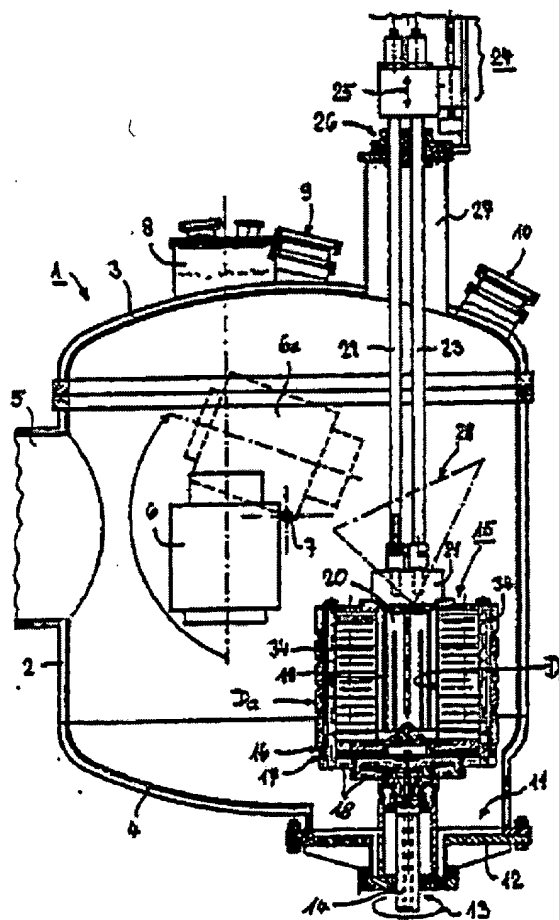
JP10099955 (A)

EP0835705 (B1)

Report a data error here

Abstract of DE19639514

The method concerns production of high-precision castings with controlled solidification by centrifugal casting of a melt under vacuum or a protective gas into a preheated mould (15) with a central pouring channel (19) and several mould cavities directed from this channel towards the outer mould periphery (Da). The mould cavities are surrounded by a material whose heat conduction coefficient is lower than that of copper. Before being cast from the pouring channel (19) the melt is heated at a rate which ensures that a falling temperature gradient of at least of 100 deg C built up between the inner and outer mould peripheries (Di, Da). Also claimed is an apparatus serving for implementation of the method.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide